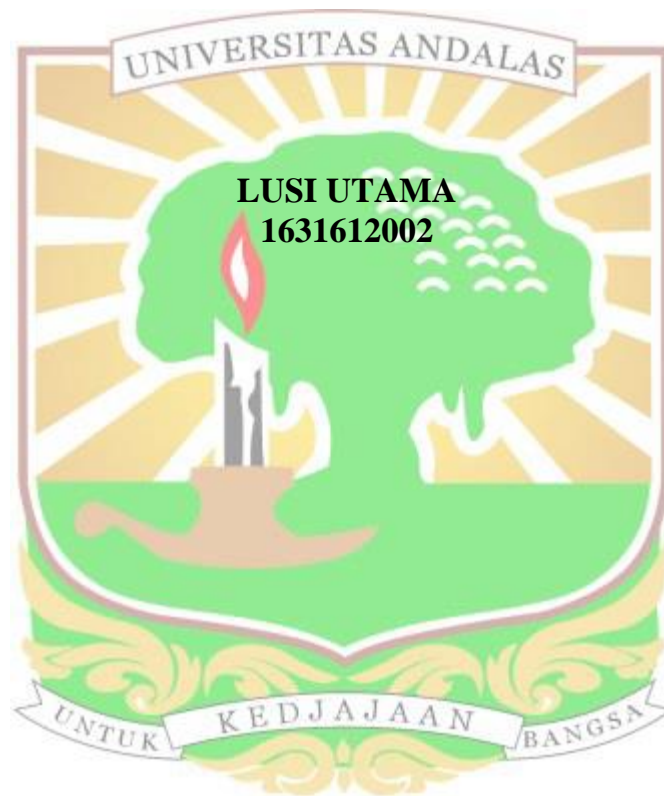


**KAJIAN INDEKS RASIO PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP  
TINGKAT KERAWANAN BANJIR SUNGAI KOTA PADANG  
(STUDI KASUS DAS ARAU)**

*DISERTASI*



**PROGRAM PASCASARJANA  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS ANDALAS**

**2020**

**KAJIAN INDEKS RASIO PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP  
TINGKAT KERAWANAN BANJIR SUNGAI KOTA PADANG  
(STUDI KASUS DAS ARAU)**

**LUSI UTAMA  
1631612002**



**PROGRAM PASCASARJANA  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS ANDALAS**

**2020**

## HALAMAN PERSETUJUAN

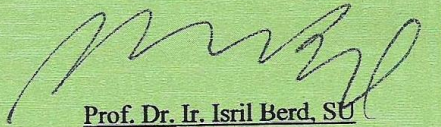
Judul Disertasi : KAJIAN INDEKS RASIO PENGGUNAAN  
LAHAN TERHADAP TINGKAT  
KERAWANAN BANJIR SUNGAI KOTA  
PADANG (STUDI KASUS DAS ARAU)

Nama Mahasiswa : Lusi Utama  
Nomor Pokok : 1631612002  
Program Studi : Ilmu Pertanian

Disertasi ini telah diuji dan dipertahankan di depan sidang panitia ujian akhir Doktor Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjana Universitas Andalas dan dinyatakan lulus pada tanggal 25 Juni 2020.

Menyetujui  
1. Komisi Pembimbing

  
Prof. Dr. Ir. Amrizal Saidi, MS  
Ketua

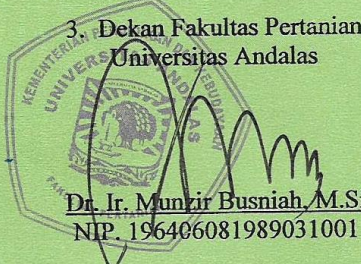
  
Prof. Dr. Ir. Isril Berd, SU  
Anggota

  
Dr. Zuherna Mizwar, MT  
Anggota

2. Koordinator Program Studi

  
Prof. Dr. Ir. Irfan Suliansyah, MS  
NIP. 19630513198702100

3. Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Andalas

  
Dr. Ir. Munzir Busniah, M.Si  
NIP. 196406081989031001

## HALAMAN PENGHARGAAN

*"Tidak masalah seberapa lambat kamu berjalan, asalkan kamu tidak berhenti"*

*Confucius*

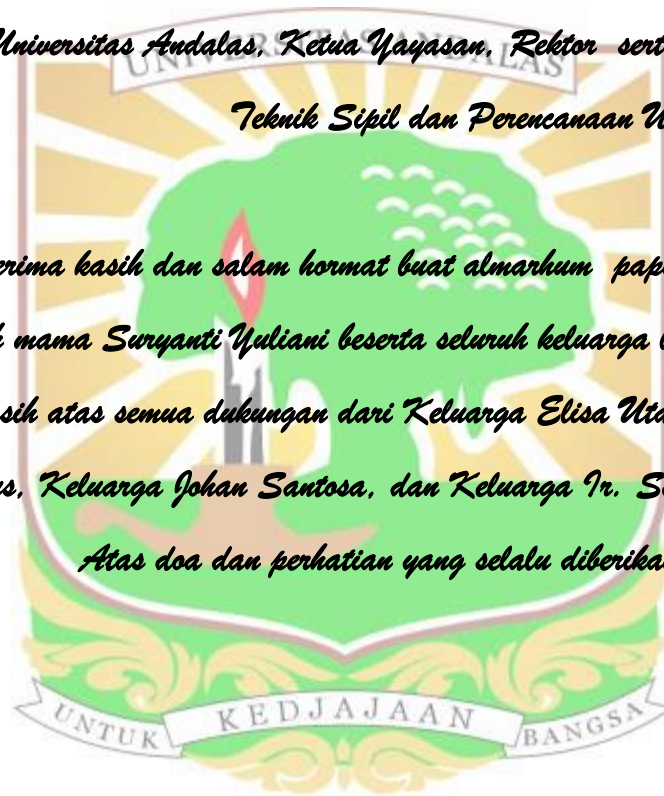
*Semoga Disertasi ini bermanfaat bagi banyak orang.*

*Terima kasih yang tak terhingga pada semua guru, dosen, teman-teman di Fakultas Pertanian, Ketua Program Studi Ilmu Pertanian beserta Dekan Fakultas Pertanian Pasca Sarjana Universitas Andalas, Ketua Yayasan, Rektor serta seluruh staf Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta.*

*Terima kasih dan salam hormat buat almarhum papa Iskandar Utama dan almarhumah mama Suryanti Yuliani beserta seluruh keluarga besar Iskandar Utama.*

*Terima kasih atas semua dukungan dari Keluarga Elisa Utama, Keluarga Ruchiat Agustinus, Keluarga Johan Santosa, dan Keluarga Ir. Sanjaya Utama, M.M.*

*Atas doa dan perhatian yang selalu diberikan untuk pencapaian ini.*



## PERNYATAAN

Dengan ini saya, nama: Lusi Utama, yang beralamat di Jl. M. Yamin nomor 115 Padang (25118), menyatakan bahwa dalam disertasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan dalam naskah dan disebutkan dalam daftar kepustakaan.

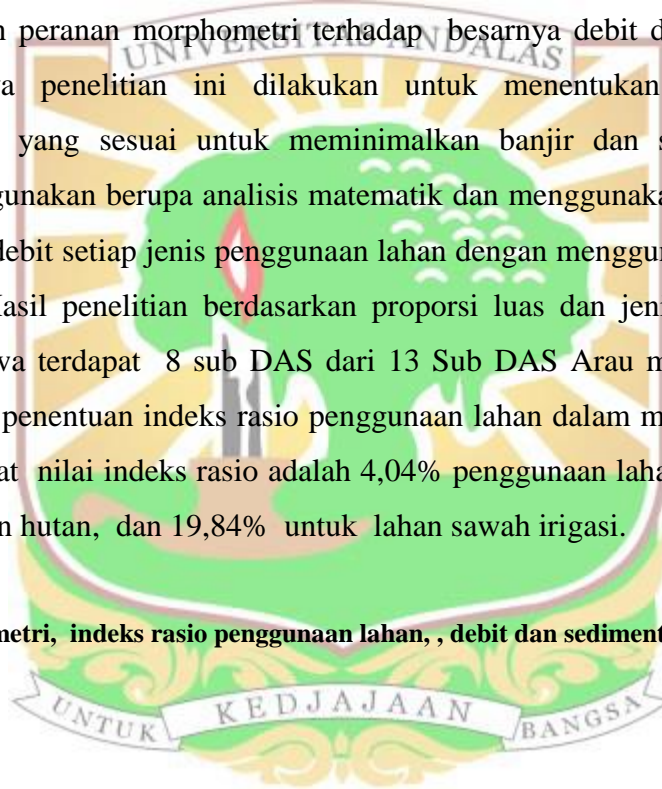


**KAJIAN INDEKS RASIO PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP  
TINGKAT KERAWANAN BANJIR SUNGAI KOTA PADANG  
(STUDI KASUS DAS ARAU)**

**ABSTRAK**

Kajian indeks rasio penggunaan lahan ini di latar belakang oleh permasalahan konversi penggunaan lahan hutan, perkebunan dan lahan sawah beririgasi menjadi pemukiman dan lahan terbangun pada DAS Arau. DAS ini mempunyai 13 Sub DAS, sehingga memberi pengaruh terhadap peningkatan debit dalam menyebabkan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan peranan morphometri terhadap besarnya debit dan sedimentasi serta banjir. Selanjutnya penelitian ini dilakukan untuk menentukan indeks rasio luas penggunaan lahan yang sesuai untuk meminimalkan banjir dan sedimentasi. Metoda penelitian yang digunakan berupa analisis matematik dan menggunakan aplikasi ARC GIS serta menentukan debit setiap jenis penggunaan lahan dengan menggunakan rumus rasional dan volumetrik. Hasil penelitian berdasarkan proporsi luas dan jenis penggunaan lahan menunjukkan bahwa terdapat 8 sub DAS dari 13 Sub DAS Arau mengalami banjir dan sedimentasi. Hasil penentuan indeks rasio penggunaan lahan dalam mengurangi banjir dan sedimentasi terdapat nilai indeks rasio adalah 4,04% penggunaan lahan untuk perkebunan, 23,39% untuk lahan hutan, dan 19,84% untuk lahan sawah irigasi.

**Kata kunci: morphometri, indeks rasio penggunaan lahan, , debit dan sedimentasi**

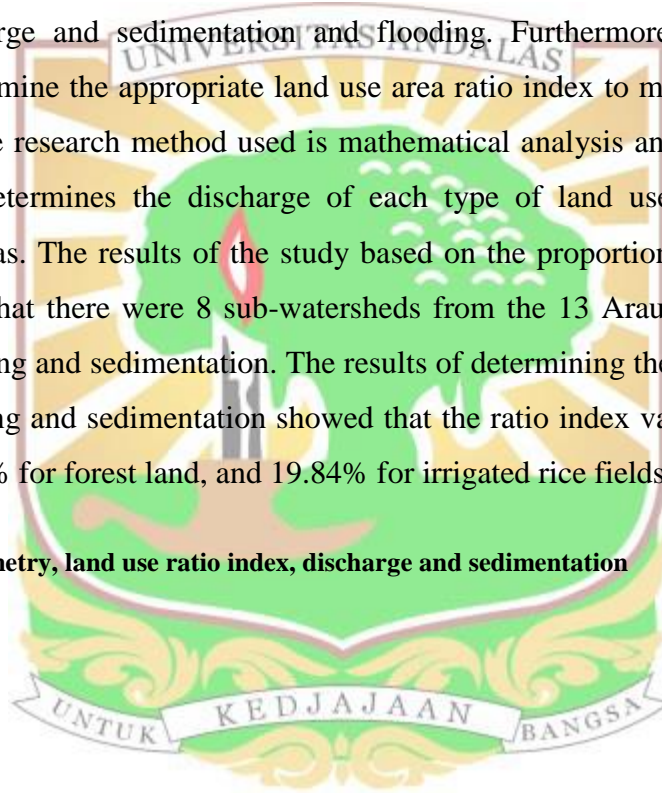


**ASSESSMENT OF LAND USE RATIO INDEX  
THE LEVEL OF VICTORY OF RIVER FLOOD IN PADANG CITY  
(CASE STUDY OF ARAU WATERSHED)**

**ABSTRACT**

The study of the land use ratio index was based on the problem of conversion of forest land use, plantations and irrigated rice fields to settlements and built-up land in the Arau watershed. This watershed has 13 sub-watersheds, so that it has an effect on increasing the discharge in causing flooding. This study aims to formulate the role of morphometry on the amount of discharge and sedimentation and flooding. Furthermore, this research was conducted to determine the appropriate land use area ratio index to minimize flooding and sedimentation. The research method used is mathematical analysis and uses the ARC GIS application and determines the discharge of each type of land use using rational and volumetric formulas. The results of the study based on the proportion of area and type of land use showed that there were 8 sub-watersheds from the 13 Arau sub-watersheds that experienced flooding and sedimentation. The results of determining the land use ratio index in reducing flooding and sedimentation showed that the ratio index values were 4.04% for plantations, 23.39% for forest land, and 19.84% for irrigated rice fields.

**Key words: morphometry, land use ratio index, discharge and sedimentation**



## RINGKASAN

Kajian indeks rasio penggunaan lahan ini di latar belakang oleh permasalahan konversi penggunaan lahan hutan, perkebunan dan lahan sawah beririgasi menjadi pemukiman dan lahan terbangun pada DAS Arau. DAS ini mempunyai 13 Sub DAS, sehingga memberi pengaruh terhadap peningkatan debit dalam menyebabkan banjir.

Banjir adalah peristiwa alam yang terjadi karena ketidakmampuan sungai dalam menampung debit aliran permukaan. Peristiwa banjir terjadi akibat adanya interaksi berbagai faktor penyebab, baik yang bersifat alamiah maupun beberapa faktor yang merupakan akibat kegiatan manusia (Siswoko, 2015). Banjir yang bersifat alamiah, terjadi akibat faktor morphometri DAS (Paimin, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan peranan morphometri terhadap besarnya debit dan sedimentasi serta banjir. Selanjutnya penelitian ini dilakukan untuk menentukan indeks rasio luas penggunaan lahan yang sesuai untuk meminimalkan banjir dan sedimentasi.

Morphometri DAS adalah karakteristik DAS yang terkait dengan aspek geomorfologi suatu daerah yang berhubungan dengan proses air hujan yang jatuh di dalam DAS. Eratnya hubungan morphometri terhadap air hujan yang jatuh ke permukaan bumi, untuk mengurangi banjir dan sedimentasi, perlu dikaji morphometri DAS. Parameter morphometri DAS pada penelitian ini ada 8 (delapan) parameter yaitu, 1) gradien sungai, 2) bentuk DAS, 3) kerapatan drainase, 4) Lereng DAS, 5) penggunaan lahan, 6) curah hujan rencana, 7) bentuk lahan, dan 8) tinggi genangan. DAS adalah tempat berkumpulnya hujan ke sistem sungai, yang akan mempengaruhi bentuk pola aliran sungai. Bentuk DAS akan mempengaruhi konsentrasi hujan menuju outlet. Indeks kerapatan aliran menggambarkan kerapatan aliran sungai pada suatu DAS. Semakin tinggi angka kerapatan aliran maka resiko banjir semakin besar.

Kecepatan aliran sungai dipengaruhi kepada tingkat kecuraman sungai. Tingkat kecuraman sungai (gradien) adalah perbandingan letak ketinggian daerah hulu dengan daerah hilir sungai terhadap panjang sungai. Semakin besar kecuraman



aliran sungai, semakin tinggi kecepatan aliran sungai demikian sebaliknya. Tinggi rendahnya kecepatan aliran sungai mempengaruhi kejadian banjir, apalagi bila dipengaruhi oleh debit air sungai yang besar. Banjir yang berakibat dari kegiatan manusia adalah berupa perubahan penggunaan lahan untuk pemukiman, belum berfungsinya drainase secara maksimal, sampah yang menghambat aliran air, illegal logging dan peningkatan jumlah penduduk (Paimin *et all*, 2012).

Perubahan penggunaan lahan merupakan perubahan suatu kawasan yang awalnya berupa resapan menjadi kawasan terbangun. Kawasan terbangun ini terjadi, karena sebagian besar daerah resapan dibangun untuk dijadikan sebagai tempat perkembangan kota, industri, ekonomi, dan pemukiman. Peningkatan jumlah penduduk yang memerlukan pemukiman menjadi pemicu berkurangnya daerah resapan, yang mengakibatkan peningkatan aliran permukaan (banjir). Penelitian tentang perubahan penggunaan lahan telah banyak dilakukan. Terdapat 29 penelitian mengenai penggunaan lahan yang menyebabkan terjadinya banjir. Namun penelitian tersebut hanya membahas tentang berubahnya fungsi lahan yang menyebabkan banjir. Besarnya luas lahan dan jenis peruntukan yang dapat mengurangi banjir untuk sebuah DAS belum ada dilakukan. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 hanya mengatur tentang Penataan ruang terbuka hijau yaitu bahwa proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah kota paling sedikit 30 (tiga puluh) persen harus berupa lahan hijau.

Menurut Wahyu, (2012), banyaknya lahan yang beralih fungsi menjadi daerah pemukiman akibat penambahan penduduk, menyebabkan berkurangnya daerah resapan, yang akan menimbulkan banjir. Jika intensitas hujan tinggi, laju sedimentasi meningkat, sehingga terjadi pendangkalan sungai, yang menyebabkan luapan air (banjir). Aliran yang dilewati DAS Arau merupakan kawasan padat penduduk, di mana banyak terdapat kegiatan industri pada daerah sepanjang aliran sungai. Hal ini berakibat terjadinya pencemaran air akibat limbah industri yang dibuang ke sungai. Kebaruan penelitian ini adalah menghasilkan proporsi luas lahan hijau (luas daerah resapan) yang dapat mengurangi banjir pada 13 Sub DAS Arau yang disebut dengan indeks rasio.

Indeks rasio adalah koefisien perbandingan, dalam penulisan ini indeks rasio merupakan koefisien perbandingan luas penggunaan lahan terhadap seluruh luas lahan pada DAS. Indeks rasio yang diharapkan adalah indeks rasio yang dapat mengurangi banjir dengan pengaturan luas dan jenis lahan yang akan digunakan pada suatu DAS. Dari penelitian Wahyu (2012) pada DAS Arau, bahwa penambahan jumlah penduduk mencapai 2 sampai 3 kali lipat dalam 20 tahun yang akan datang dan berakibat sebagian lahan pertanian produktif akan menjadi daerah pemukiman, perkantoran dan lahan usaha, industri dan jasa. Akibat perubahan tata guna lahan menyebabkan terjadinya perubahan terhadap kondisi kawasan *catchment* yang berakibat akan berkurangnya daerah resapan.

Perubahan tata guna lahan mengakibatkan peningkatan koefisien resapan (c), faktor ini menghasilkan tingginya limpasan permukaan yang menyebabkan terjadinya banjir, (Utama, Saidi, Berd, Mizwar, 2017). Belum adanya aturan yang menetapkan besarnya luas dan jenis penggunaan lahan yang dapat menyerap air agar banjir dapat dikurangi, menyebabkan masyarakat serta developer senantiasa dapat menggunakan lahan hijau menjadi lahan pemukiman. Untuk mengatasi penggunaan lahan, perlu dilakukan analisa luasan daerah hutan, luasan daerah perkebunan dan luasan daerah sawah yang dapat menyerap air, sehingga banjir dapat dikurangi.

Metoda penelitian yang digunakan berupa analisis matematik dan menggunakan aplikasi ARC GIS serta menentukan debit setiap jenis penggunaan lahan dengan menggunakan rumus rasional dan volumetrik. Hasil penelitian berdasarkan proporsi luas dan jenis penggunaan lahan menunjukkan bahwa terdapat 8 sub DAS dari 13 Sub DAS Arau mengalami banjir dan sedimentasi. Hasil penentuan indeks rasio penggunaan lahan dalam mengurangi banjir dan sedimentasi terdapat nilai indeks rasio adalah 4,04% penggunaan lahan untuk perkebunan, 23,39% untuk lahan hutan, dan 19,84% untuk lahan sawah irigasi. Terjadinya penurunan debit sedimen dari peranan luas dan penggunaan lahan 4.726,5 gram/detik. Terdapat 8 Sub DAS yang dapat dikelola untuk pengurangan banjir dan sedimen.

## SUMMARY

The study of the land use ratio index was based on the problem of conversion of forest land use, plantations and irrigated rice fields to settlements and built-up land in the Arau watershed. This watershed has 13 sub-watersheds, so that it has an effect on increasing the discharge in causing flooding.

Floods are natural events that occur due to the inability of rivers to accommodate surface runoff. Flood events occur due to the interaction of various causal factors, both natural and several factors which are the result of human activities (Siswoko, 2015). Floods of a natural nature occur due to watershed morphometric factors (Paimin, 2009).

This study aims to formulate the role of morphometry on the amount of discharge and sedimentation and flooding. Furthermore, this research was conducted to determine the appropriate land use area ratio index to minimize flooding and sedimentation.

Watershed morphometry is a watershed characteristic related to the geomorphological aspects of an area related to the process of rainwater falling in the watershed. The morphometric relationship of rainwater falling to the earth's surface is tight, to reduce flooding and sedimentation, it is necessary to study watershed morphometry. There are 8 (eight) parameters of watershed morphometry in this study, namely, 1) river gradient, 2) watershed shape, 3) drainage density, 4) watershed slope, 5) land use, 6) rainfall plan, 7) land shape, and 8) inundation height. Watershed is the place where rain collects into the river system, which will affect the formation of river flow patterns. The shape of the watershed will affect the concentration of rain to the outlet. Flow density index describes river flow density in a watershed. The higher the flow density, the greater the risk of flooding.

The river flow velocity is influenced by the steepness of the river. The river steepness (gradient) is the ratio of the height of the upstream area to the downstream area of the river to the length of the river. The greater the steepness of the river flow, the higher the river flow velocity and vice versa. The high and low velocity of river flow affects the occurrence of flooding, especially if it is influenced by large river water discharge. Floods that result from human activities include changes in land use for settlements, not yet functioning drainage optimally, waste that blocks water flow, illegal logging and an

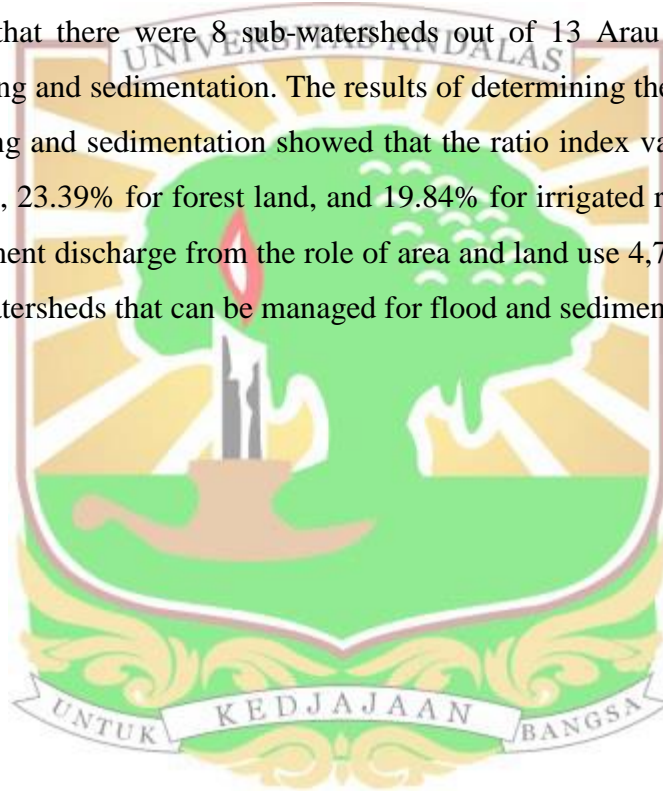
increase in population (Paimin et al, 2012). Land use change is a change in an area from an infiltration area to a built-up area. This built-up area occurs, because most of the catchment areas are built to serve as places for urban, industrial, economic and residential developments. An increase in the number of people requiring settlement triggers a reduction in catchment areas, which results in increased runoff (flooding). There has been a lot of research on land use change. There are 29 studies on land use that causes flooding. However, this study only discusses changes in land use that cause flooding. The amount of land area and the type of designation that can reduce flooding for a watershed have not been done. Law of the Republic of Indonesia Number 26 of 2007 only regulates the arrangement of green open space, namely that the proportion of green open space in urban areas is at least 30 (thirty) percent in the form of green land.

According to Wahyu, (2012), the large number of land has been converted into residential areas due to population growth, causing reduced catchment areas, which will cause flooding. If the rain intensity is high, the sedimentation rate increases, resulting in silting of the river, which causes water overflow (flooding). The flow that the Arau watershed passes through is a densely populated area, where there are many industrial activities in the area along the river flow. This results in water pollution due to industrial waste being dumped into rivers. The novelty of this research is to produce a proportion of green land area (catchment area) which can reduce flooding in the 13 Arau sub-watershed which is called the ratio index.

The ratio index is the coefficient of comparison, in this paper the ratio index is the coefficient of comparison of land use area to all land areas in the watershed. The expected ratio index is the ratio index that can reduce flooding by setting the area and type of land to be used in a watershed. From Wahyu's research (2012) on the Arau watershed, the population growth will reach 2 to 3 times in the next 20 years and result in some productive agricultural land becoming residential areas, offices and business, industry and services. As a result of changes in land use, changes in the condition of the catchment area will result in reduced catchment areas. Land use change results in an increase in the absorption coefficient ( $c$ ), this factor results in high surface runoff which causes flooding (Utama, Saidi, Berd, Mizwar, 2017). The absence of regulations that determine the extent

and type of land use that can absorb water so that flooding can be reduced, has caused the community and developers to always be able to use green land as residential land. To overcome land use, it is necessary to analyze the extent of forest areas, the extent of plantation areas and the area of rice fields that can absorb water, so that flooding can be reduced.

The research method used is mathematical analysis and uses the ARC GIS application and determines the discharge of each type of land use using rational and volumetric formulas. The results of the study based on the proportion of area and type of land use showed that there were 8 sub-watersheds out of 13 Arau sub-watersheds that experienced flooding and sedimentation. The results of determining the land use ratio index in reducing flooding and sedimentation showed that the ratio index values were 4.04% for plantation land use, 23.39% for forest land, and 19.84% for irrigated rice fields. There was a decrease in sediment discharge from the role of area and land use 4,726.5 grams / second. There are 8 sub-watersheds that can be managed for flood and sediment reduction.



## LUARAN PENELITIAN

No	Penulis	Judul Publikasi	Nama Jurnal	Volume(Issue)	Website	Publish	Keterangan
1	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Kawasan Banjir dan Pola Aliran Sungai berdasarkan Morphometri pada DAS Kuranji	Perencanaan Pembangunan Inklusif Desa – Kota	ISBN : 978-602-73463-1-4	Email: sekretariat@pasca.unand.ac.id  http://pasca.unand.ac.id	Publish	2017
2	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Disaster mitigation at drainage basin of Kuranji Padang City	IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 70 (2017) 012040	doi:10.1088/1755-1315/70/1/012040	https://doi.org/10.1063/1.5011614	IOP PUBLISHING	2017
3	Lusi Utama	Study Charge the Floods Evaluated From Morphometry and Mitigasi Arau Padang City	International Journal of Scientific and Technical Research in Engineering (IJSTRE)	Volume 2 Issue 11 1 November 2017. Manuscript id. 107602418 www.ijstre.com	www.ijstre.com	Publish	2017
4	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Study of Morphometry to Debit Drainage Basin Arau Padang City	AIPconference proceedings 1903100004	American Institute of Physics	https://doi.org/10.1063/1.5011614	Publish	2017
5	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Kajian Morphometri Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji Terhadap Debit Banjir	Jurnal Frontiers Sains dan Teknologi	Volume 1 Nomor 1, April 2018 65 E-ISSN: 2621-1009	http://ejournal.unima.ac.id/index.php/efrontiers https://scholar.google.com/citations	Google ScholarCitations Publish	2018
6	Lusi Utama	Study of Morphometry to Debit Drainage Basin (DAS) Air Dingin Padang City	IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)	e-ISSN : 228-5736 Volume 11, Issue 5 Ver II	www.iosrjournals.org	Publish	2018
7	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Disaster Mitigation at Drainage Basin of Air Dingin Padang City	Published by Atlantis Press	Advances in Engineering Research, volume 167	http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/	Publish	2018
8	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Flood debit analysis based on land use: A case of Batang Arau Watershed, Padang	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/343/1/012003	OPEN ACCESS	IOP Publishing	2019
9	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Effect Land Use ratio index to reduce flooding (a case of Jirak Sub-watershed in the Arau Padang	Proceedings series journals search EAI	European Union Digital Library	http://dx.doi.org/10.4108/eai.24-10-2019.2290602	Publish This is an open access article under the CC BY-NC license	2019
10	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	Land Use Model To Reduce Flood at Arau Padang Watershed	International Journal of Scientific & Technology Research	ISSN 2277-8616	https://www.ijstr.org	Publish	2020
11	Lusi Utama, Amrizal Saidi, Isril Berd, Zuherna	The Influence of Critical Land to Reduce Flood in Arau Watersheds at Padang City Indonesia	International Journal of Psychosocial Rehabilitation Vol 24 Issue 6	ISSN 1475-7192 29 Juni 2020	https://www.psychosocial.com/article-category/issue-6/	Publish	2020

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas taufik dan hidayah-Nya penulis telah dapat menyusun disertasi ini. Disertasi ini ditulis berdasarkan hasil penelitian yang berjudul "Kajian Indeks Rasio Penggunaan Lahan terhadap Tingkat Kerawanan Banjir Sungai Kota Padang (Studi kasus DAS Arau)", yang merupakan kewajiban bagi mahasiswa program Doktor (S3) di Pemusatan Ilmu Tanah, Program Studi Ilmu-Ilmu Pertanian, Program Pascasarjana pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang dalam rangka menyelesaikan studi.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Amrizal Saidi, MS selaku Ketua Komisi Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian Disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Isril Berd, SU selaku anggota pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian Disertasi ini.
3. Dr. Zuherna Mizwar, MT selaku anggota pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian Disertasi ini.
4. Dr. Ir. Munzir Busniah, M.Si, Dekan Fakultas Pertanian Universitas Andalas yang telah banyak membantu untuk penyelesaian Disertasi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Irfan Suliansyah, MS, Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Andalas, yang selalu mengingat dan mendorong saya untuk segera menyelesaikan studi
6. Prof. Dr. Ir. Bambang Istijono, MS, penguji yang selalu mengarahkan dan memberikan masukan-masukan guna penyelesaian disertasi ini.
7. Dr. Indang Dewata, penguji yang selalu mengarahkan dalam menyelesaikan disertasi ini.
8. Dr. Ir. Yurisman, MT, penguji yang selalu mengarahkan untuk menyelesaikan disertasi ini.
9. Dr. Ir. Nani Heryani, M. Si, penguji dari Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, BBSDKP, Badan Kementerian Pertanian Bogor, yang telah banyak memberikan masukan demi kesempurnaan disertasi ini.

10. Ketua Yayasan serta Rektor Universitas Bung Hatta yang telah memberikan beasiswa serta ijin dalam menyelesaikan studi.
11. Dr. Ir. Zahrul Umar, Dipl. H. E, staf pengajar Universitas Bung Hatta, yang telah memberikan wawasan dan kontribusi dalam penyusunan disertasi ini.
12. Ir. Khadavi, MT, Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bung Hatta, yang telah banyak membantu dan memberikan arahan dalam penyusunan disertasi.
13. Bapak, Ibu Dosen dan Staf di Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang
14. Teman-teman di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta, yang selalu memotivasi guna kesempurnaan disertasi ini.

Semoga Disertasi ini dapat bermanfaat bagi kepentingan kemajuan ilmu pengetahuan dan pembangunan.

Padang, 25 Juni 2020

Lusi Utama

